

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

*В.Л. Кодкин, А.А. Балденков, А.Ю. Качалин,  
А.С. Аникин, В.Л. Немков*

В статье представлены экспериментальные исследования в реальной системе отопления, в которой работают два контура автоматического регулирования температуры теплоносителя, с целью определения потенциальных возможностей ее оптимизации по потреблению ресурсов.

Ключевые слова: тепловые системы, регулятор температуры теплоносителя.

На сегодняшний день основные задачи реализации программ энергосбережения в стране состоят в обеспечении эффективности всех процессов, связанных с производством, передачей и потреблением энергоносителей. В коммунальном хозяйстве потребление тепловой энергии практически на порядок превосходит потребление электрической энергии в связи с нуждами отопления и горячего водоснабжения. Помимо этого график тепловой нагрузки в течение отопительного сезона сильно варьируется (в 5–6 раз) не только от времени суток, но и от климатических условий. В связи с этим повышение энергоэффективности в системах теплоснабжения за счет обеспечения в них качественного процесса регулирования является актуальной задачей.

Широкое применение в тепловых системах автоматических регуляторов массового производства (таких например, как ECL Comfort (производитель *Danfoss*)) выявило ряд проблем. Соблюдение рекомендаций по их настройке приводит к колебаниям температуры теплоносителя с периодом

5–20 мин и амплитудой 7–10 °С. Такой процесс «заставляет» увеличивать исходную температуру теплоносителя на 10–15 °С, что значительно повышает расход энергоресурсов.

Цель данных исследований – установить возможность существенного снижения амплитуды колебаний температуры теплоносителя в автоматической системе регулирования.

Экспериментальные исследования проводились на реально существующей крышной котельной по адресу Академика Сахарова, 11.

Структура котельной и системы отопления представлена на рис. 1, где: К1–К3 – котлы; Р1 – регулятор котлов; Р2 – регулятор контуров отопления; Кл1, Кл2 – трехходовой регулировочный клапан; I – контур теплоснабжения – удаленный, но малоинерционный; II – контур теплоснабжения.

Каждый из контуров – это нелинейный ПД – регулятор, релейный элемент (трехходовой смесительный клапан) и динамическая система второго–третьего порядка (отапливаемое здание).

Регуляторы ECL Comfort включают в себя нелинейные ПД – звенья, при правильном выборе параметров, обеспечивающие существенное снижение амплитуды колебаний.

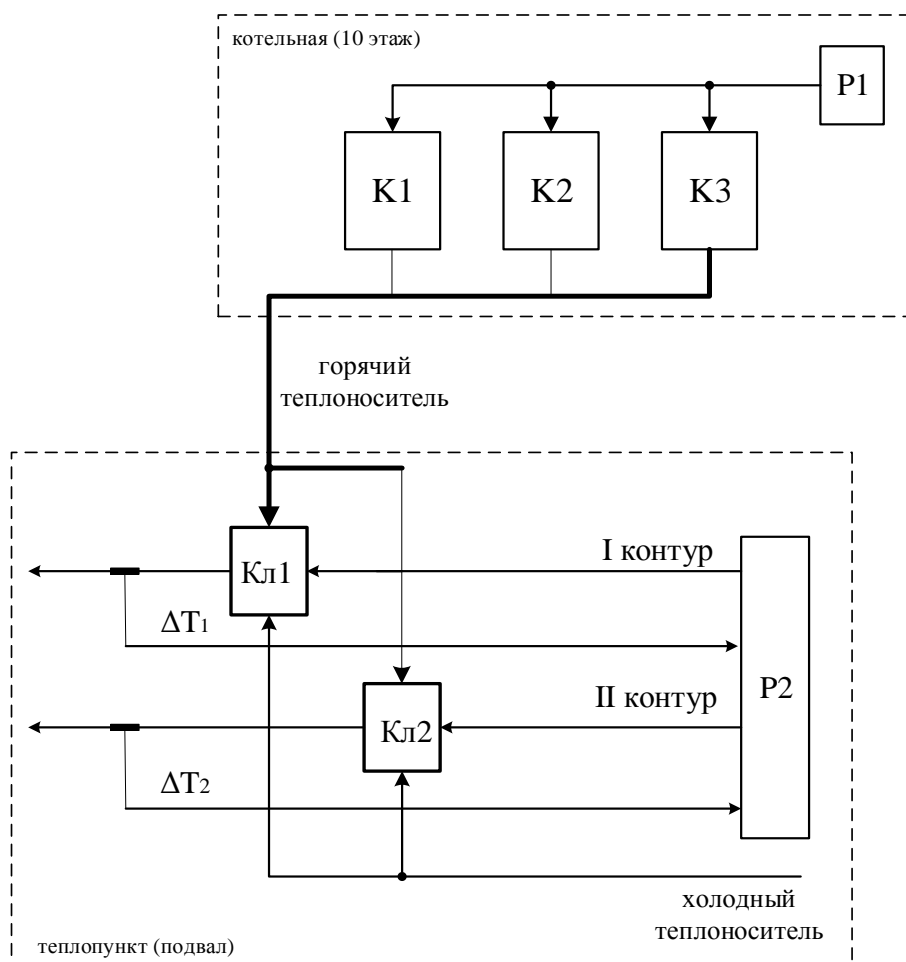


Рис. 1. Структура котельной и системы отопления

Во всех регуляторах установлены параметры, соответствующие инструкциям. Процессы зарегистрированные по показаниям датчиков ECL 200 показаны на рис. 2.

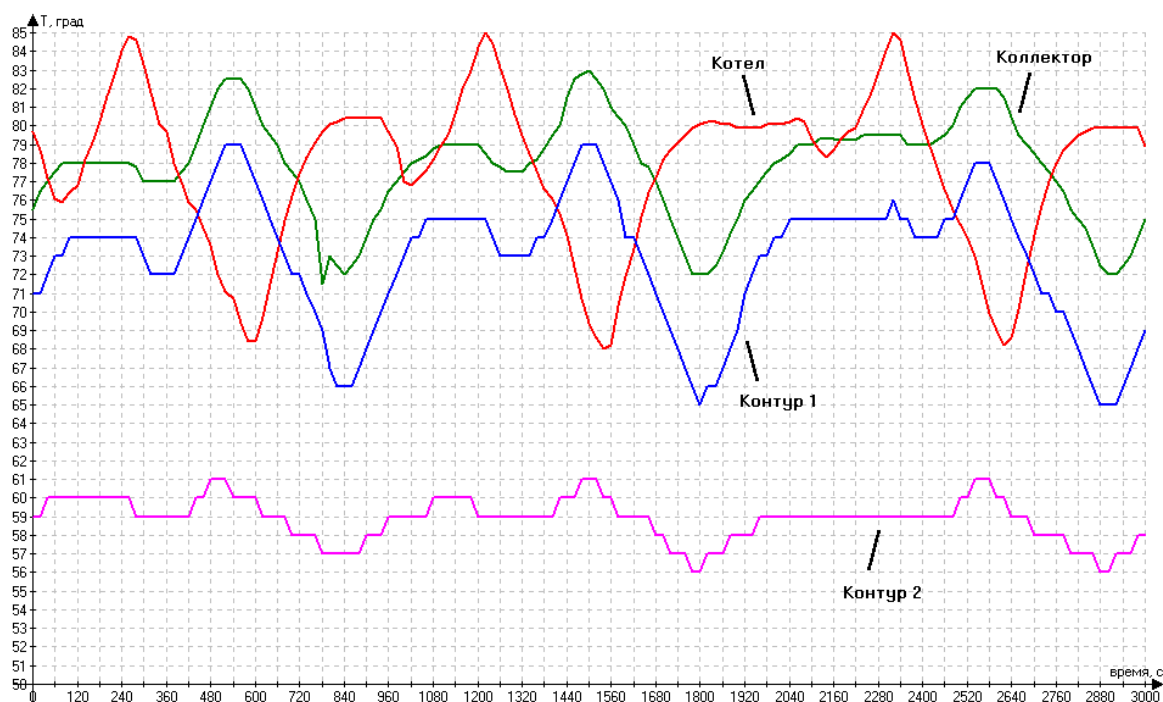


Рис. 2. Процессы в котельной и контурах отопления при параметрах регуляторов, установленных в соответствии с инструкциями

Согласно рис. 2 амплитуда (период) колебаний: контур I 13–15 °С (период 600 с); контур II 5–6 °С (период 600 с), соответственно процесс регулирования представляет собой периодические колебания с амплитудой до 10–15 °С, а следовательно, на эту величину температура теплоносителя превышает требуемое значение. Процессы в контурах по фазе совпадают с процессами в коллекторе.

При изменении параметров регуляторов (рис. 3) резко изменились процессы в контуре I: амплитуда снизилась до 1 °С, период до 90 с.

Провалы температуры в коллекторе проявляются в контурах I и II. Возрастание температуры в коллекторе увеличивает амплитуду колебаний во II контуре.

Процесс изменения температуры в коллекторе ( $T_{\text{кол}}$ ), по форме повторяет процесс изменения температуры в котле ( $T_{\text{котла}}$ ) с уменьшенной амплитудой и сдвинут по фазе на 300 с.

Процессы в I и II контурах повторяют процессы в коллекторе.

При измененных настройках амплитуда (период) колебаний выглядит следующим образом:

– в контуре II:  $A = 1$  °С,  $\omega = 60$  с, не реагирует на температуру в коллекторе;

– в контуре I:  $\Delta = 1 \text{ }^\circ\text{C}$ , кроме участков переходных процессов после снижения температуры в коллекторе до  $75 \text{ }^\circ\text{C}$  (вне зоны  $\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  не более 5 % общего времени).

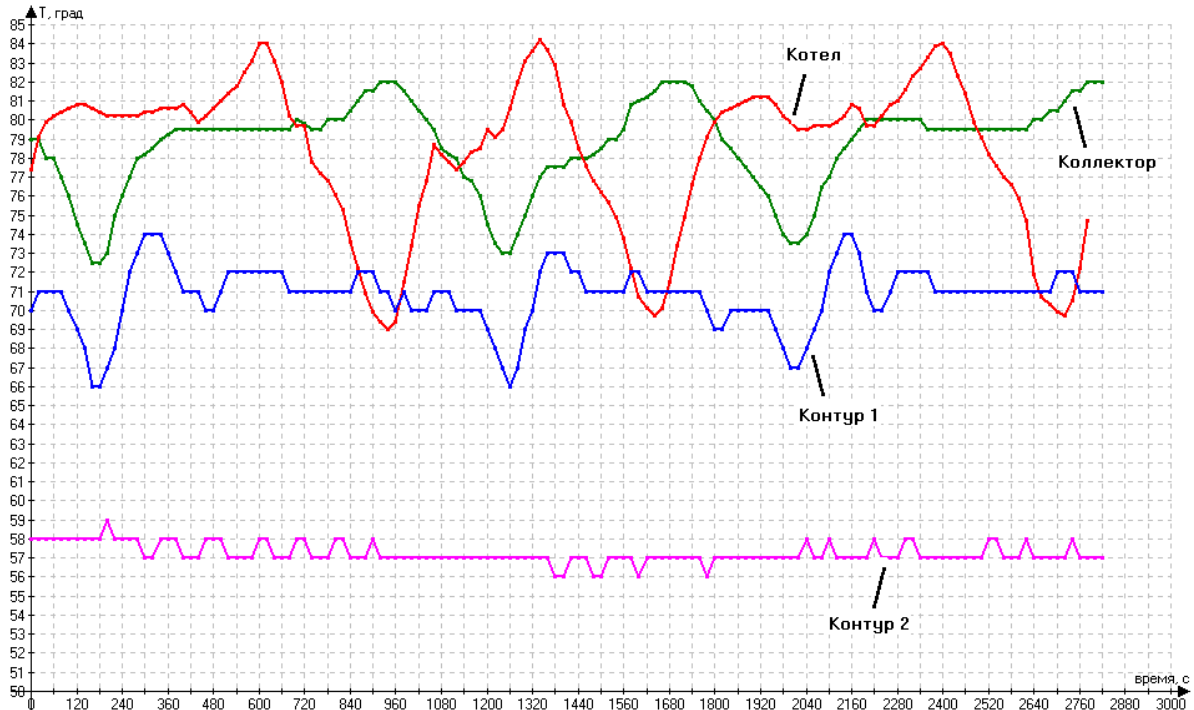


Рис. 3. Процессы в котельной и контурах отопления при оптимальных параметрах регуляторов

Таким образом, оптимальная настройка регулятора контуров отопления *ECL Comfort* (производитель *Danfoss*) позволяет существенно снизить колебательный характер процессов регулирования температуры теплоносителя в сети отопления, однако, необходимо стабилизировать температуру в котле и коллекторе, для того чтобы стабилизировать процессы в контурах.

[К содержанию](#)